

ALTURA DE CORTE EN ALFALFA: PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE

Cutting height in alfalfa: production and nutritional quality of forage

Blain G¹, Assuero SG², Berone, G.D^{2,3*}

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Anguil

²Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce

*E-mail de contacto: berone.german@inta.gob.ar

Resumen

En pasturas de *Medicago sativa* (alfalfa) sometidas a defoliaciones frecuentes, aumentar la altura remanente después del corte suele mejorar la productividad, aunque esto puede influir en la calidad nutritiva del forraje cosechado. En este estudio, se analizaron los cambios en el crecimiento aéreo, el forraje cosechado y la calidad nutritiva asociados con dos alturas remanentes (4 cm vs. 10 cm) en dos cultivares de alfalfa con diferentes grados de latencia invernal (G6 vs. G10). Se trabajó en contenedores al aire libre, dispuestos para simular una pastura de 50 plantas/m², bajo condiciones no limitantes en disponibilidad de agua y nutrientes. Entre noviembre de 2014 y setiembre de 2015 se realizaron defoliaciones a 4 y 10 cm de altura, cada 370 grados día de crecimiento (GDD). Se registró altura de canopia, número de hojas primarias totalmente expandidas, biomasa aérea cosechada (BA_{cos}) y remanente (BA_{rem_verde}). La BA_{cos} fue separada en hojas (BA_{hoja}, láminas+pecíolos) y tallos (BA_{tallos}), y se estimó la proporción de hojas (PROP_{hoja} = BA_{hoja}/BA_{cos}). Se determinó digestibilidad de materia seca (DMS) de hojas (DMS_{hojas}), tallos (DMS_{tallos}) y de BA_{cos} (DMS_{cos}). Las plantas cortadas a 10 cm de altura mostraron mayor crecimiento aéreo (BA_{cos} + BA_{rem_verde}) y mayor BA_{rem_verde} que las cortadas a 4 cm, pero no se encontraron diferencias en BA_{cos}, sin detectarse diferencias entre cultivares. No se detectaron diferencias en DMS para plantas cortadas a distintas alturas. El cultivar G10 mostró, respecto del G6, menor DMS_{cos} y menor DMS_{tallos}, no encontrándose diferencias entre cultivares en DMS_{hojas}. Se observó una estrecha y negativa asociación entre altura de canopia, PROP_{hoja}, DMS_{cos} y DMS_{tallos}. Esta asociación explica la menor DMS obtenida en el cultivar G10. En ambos cultivares, incrementar la altura de corte (4 a 10 cm) produjo un incremento en crecimiento aéreo, sin modificar la cantidad y digestibilidad del forraje cosechado.

Palabras clave. biomasa remanente, altura de canopia, proporción de hoja, digestibilidad de la materia seca, cultivares.

Abstract

In *Medicago sativa* (alfalfa) pastures defoliated at a high frequency, increasing the remaining post-cutting height usually increases productivity, which can generate changes in the nutritional quality of the harvested forage. Changes in aerial growth, harvest and nutritional quality associated to changes in the remaining post-cutting height (4 cm vs. 10 cm) were analyzed in two contrasting winter dormant cultivars of *Medicago sativa* (lucerne) (G6 vs. G10). The experiment was conducted in outdoor pots, arranged to simulate a pasture of 50 plants/m² under non-limiting water and nutritional conditions. Between November 2014 and September 2015, defoliations were carried out at 4 and 10 cm in height, every 370 growing degree days (GDD). Canopy height, number of fully expanded primary leaves, aerial biomass above (BA_{cos}) and below (BA_{rem_verde}) the cutting height were recorded. The BA_{cos} was separated into leaves (BA_{hoja}, blades + petioles) and stems (BA_{tallos}), and leaf proportion was estimated (PROP_{hoja} = BA_{hoja}/BA_{cos}). Dry matter digestibility (DMS) of leaves (DMS_{hojas}), stems (DMS_{tallos}) and BA_{cos} (DMS_{cos}) was determined. Plants cut at 10 cm in height showed greater aerial growth (BA_{cos} + BA_{rem_verde}) and greater BA_{rem_verde} than plants cut at 4 cm, but no differences were found in BA_{cos}, with no differences detected between cultivars. No differences in DMS were detected for plants cut at different heights. Cultivar G10 showed both, lower DMS_{cos} and DMS_{tallos} than cultivar G6, but no differences were detected in DMS_{hojas}. A close and negative association between canopy height and several forage quality parameters (PROP_{hoja}, DMS_{cos} and DMS_{tallos}) was detected. This association explains the lower DMS obtained in the G10 cultivar. In both cultivars, increasing the cutting height (4 to 10 cm) produced an increase in aerial growth, without generating changes in the quantity and digestibility of the harvested forage.

Key words. residual biomass, canopy height, leaf proportion, dry matter digestibility, cultivars.

Recibido: julio 2024

Aceptado: diciembre 2024

Introducción

En la región pampeana de Argentina, las pasturas base alfalfa (puras y/o consociadas) constituyen el principal aporte de forraje para una gran parte de los sistemas de producción animal de carne y leche (INDEC 2021). El grueso de esta superficie muestra pasturas de alfalfa ocupadas por cultivares sin latencia invernal, con escasa persistencia productiva y muy lejanas de su potencial de producción primaria y secundaria (Jauregui et al. 2022).

El manejo de la defoliación y la selección del cultivar siguen siendo dos factores fuertemente determinantes en lo que respecta la producción y persistencia de las pasturas de alfalfa (Hoopen et al. 2022). Recientemente se demostró, utilizando cultivares de latencia invernal intermedia, que durante primavera-verano, pastoreos más frecuentes que lo usualmente recomendado (e.g. 10% de floración; Kloster y Zaniboni 2007), permiten incrementar la producción animal, sin afectar la persistencia de las pasturas, siempre y cuando se alargue el intervalo entre pastoreos en fines de verano-otoño (Berone et al. 2020; Méndez et al. 2021; Sardiña et al. 2022). A su vez, se demostró que, durante la implantación y el primer año de vida manejos de la defoliación menos severos (e.g. mayor altura de remanente) permiten conjugar defoliaciones frecuentes con elevados niveles de biomasa en órganos perennes (García et al. 2021; Blain et al. 2023). Si bien abundan los trabajos sobre el impacto de la frecuencia y severidad de corte sobre la calidad nutritiva del forraje (Sulc et al. 1997; Parsons et al. 2009), esta menos estudiado el impacto que puede tener la altura de corte, particularmente en alfalfas defoliadas con una frecuencia de corte mayor a la usualmente reportada.

La calidad del forraje disponible es consecuencia de las variaciones en la proporción de tejidos (i.e. tallos y hojas) y de la calidad nutritiva de los mismos (Van Soest 1994). En alfalfa, las hojas cumplen centralmente funciones metabólicas, contienen muy poca estructura (i.e. peciolo), una baja proporción de pared celular en sus tejidos y la calidad nutritiva (i.e. mayor digestibilidad de la materia seca, DMS) de las mismas se mantiene elevada durante prolongados periodos de tiempo, en contraste con los tallos que, cumplen funciones estructurales y muestran una rápida caída en la DMS (Lemaire y Belanger 2020). Esta es una de las razones por las cuales, en alfalfa, conocer las variaciones en proporción de hoja y de tallo del forraje ofrecido son una muy buena aproximación a las variaciones en DMS y respuesta animal (Berone et al. 2020).

Debido a que la proporción de tallos es mayor en los estratos inferiores de la canopia (Galli y Cangiano 1998; Comerón y Romero 2007), es de esperar que la DMS del forraje cosechado sea mayor en plantas defoliadas menos severamente (i.e. mayor altura de corte respecto del suelo), respecto de aquellas defoliadas más severamente (i.e. menor altura de corte respecto del suelo). Sin embargo, las plantas defoliadas menos severamente, suelen tener rebrotes más vigorosos y, por lo tanto, comparadas a similar fecha, mostrar tallos de mayor altura que aquellas defoliadas más severamente (Simon et al. 2004; Meuriot et al. 2005). En consecuencia, debido a la relación inversa entre altura y DMS (Ta et al. 2020; Berone et al. 2021), las plantas defoliadas menos severamente, deberían tener menor DMS respecto de aquellas defoliadas más severamente. En función de lo

mencionado, no está claro, el impacto de la severidad de corte sobre la DMS del forraje cosechado, particularmente en plantas de alfalfa sometidas a defoliaciones muy frecuentes, donde los procesos de maduración y lignificación de tejidos son incipientes o nulos (Lemaire y Belanger 2020).

Los cultivares de alfalfa se clasifican en grupos del 1 al 11, en función de su grado de latencia o reposo invernal (G1= mayor latencia invernal, G11= menor latencia invernal). Los cultivares con mayor latencia o reposo invernal presentan mayor resistencia a las heladas, tallos con entrenudos más cortos y porte menos erecto que los cultivares con menor latencia o reposo invernal (Cunningham et al. 2001). Debido a la fuerte relación inversa entre altura, proporción de hoja y DMS (Ta et al., 2020; Berone et al. 2021), es de esperar que, a similar tiempo de rebrote, los cultivares con mayor latencia invernal (e.g. G6) muestren menor altura, mayor proporción de hoja y por lo tanto mayor DMS que aquellos con menor latencia invernal (e.g. G10).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar en dos cultivares de alfalfa de distinta latencia invernal (G6 vs. G10), y defoliados a una frecuencia de defoliación superior a la usualmente recomendada (i.e. defoliaciones anticipadas al estado del 10% de floración), i) el impacto de la severidad de corte (4 vs. 10 cm de altura remanente post-corte) sobre el crecimiento aéreo, la biomasa cosechada y la DMS de la misma y ii) las relaciones entre variables de producción y de calidad nutritiva (e.g. biomasa acumulada, proporción de hoja, DMS) con variables asociadas al desarrollo (e.g. número de nudos) y al crecimiento (e.g. altura de canopia) de la pastura.

Materiales y Métodos

Sitio, materiales evaluados y diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en un invernadero y al aire libre en Balcarce, Argentina (37° 45' S, 58° 18' W), bajo fotoperíodo natural desde julio de 2014 hasta septiembre de 2015. Se analizaron dos alturas de corte (4 y 10 cm) y dos cultivares de *Medicago sativa* L. (alfalfa), uno con latencia invernal intermedia (WL611, G6) y uno sin latencia invernal (WL1058, G10). Estos cultivares fueron elegidos por sus características contrastantes en cuanto a grado de dormancia, altura de plantas y longitud de entrenudos (Blain 2018). El 22 de julio de 2014, 264 contenedores de PVC (132 para G6 y 132 para G10) de 78 cm de altura y 16 cm de diámetro, forrados con una bolsa de poliestireno perforada en el fondo, fueron llenados con una mezcla uniforme, compuesta en partes iguales (1:1 v/v) por tierra extraída del horizonte superficial de un suelo Argiudol típico (6% MO; 33 ppm P Bray 1) y arena de río. Antes de la siembra, todos los contenedores fueron regados hasta saturación y luego (durante todo el experimento) fueron regados cada dos días con agua del grifo para mantener el contenido de agua del suelo cerca de la capacidad de campo. La siembra se realizó, en invernadero, el 24 de julio de 2014. Se colocaron diez semillas en la línea central de los contenedores y se realizó un primer raleo cuando las plántulas alcanzaron el estado de una hoja verdadera completamente desplegada, dejando solo tres plantas por contenedor.

El 24 de septiembre de 2014 las plantas se cortaron a 4 cm de altura y los contenedores fueron llevados al aire libre. Para ello se mantuvieron aproximadamente 20 cm entre el centro de un tubo y el centro de otro tubo. Los 132 contenedores de

cada cultivar se colocaron en dos áreas (2,0 m x 1,5 m) separados por un corredor (1,0 m de ancho y 2,0 m de largo). Una vez instalados, los tratamientos de altura de corte se asignaron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones (es decir, tres contenedores). En total, todo el experimento ocupó un área de 8 m² (4,0 m x 2,0 m). El 3 de octubre de 2014 se realizó un segundo raleo de plantas, quedando una densidad final de dos plantas por contenedor. Se utilizaron 108 contenedores para la recopilación de datos en el muestreo destructivo, mientras que los restantes se utilizaron como bordura. La disposición de los contenedores descrita anteriormente permitió simular una condición de pastura con una densidad de 500000 plantas/ha (Brown *et al.* 2006). Para evitar deficiencias de nitrógeno (N), se realizó semanalmente una fertilización con urea a razón de 46 kg N/ha (100 kg urea/ha). Para evitar deficiencias de fósforo (P), se aplicó superfosfato triple después de cada corte a una dosis de 20 kg P/ha. El experimento se mantuvo libre de malezas y plagas.

Registros meteorológicos

Los datos de radiación incidente y temperatura media diaria se obtuvieron de la Estación Agrometeorológica de la EEA INTA Balcarce, ubicada a menos de 500 m del experimento. La lluvia acumulada durante el período al aire libre (octubre 2014-septiembre 2015) fue similar (915 mm) a la observada en el ciclo 2004-2014 (879 mm). La radiación incidente diaria media mensual fue similar (14,0 Mj) a la observada en el ciclo 2004-2014 (13,9 Mj) y fluctuó entre 5,9-6,4 Mj para julio-agosto de 2015 y 22,9-22,3 Mj para diciembre de 2014 a enero de 2015. La temperatura media diaria mensual fue superior a lo observado en el ciclo 2004-2014 (en promedio +0,7 °C) y osciló entre 9-11 °C para los meses más fríos (julio-agosto de 2015) y 21-22 °C para los meses más cálidos (diciembre de 2014 a febrero de 2015).

Mediciones

Desde el 5 de noviembre de 2014 al 2 de septiembre de 2015, se realizaron diez cosechas con una frecuencia, en promedio, de 370 grados día de crecimiento (GDD), considerando una temperatura base de 5 °C (Thiébeau *et al.* 2011; Tabla 1). Los contenedores donde se tomaron las muestras fueron retirados secuencialmente del lado sur. Después de cada fecha de

muestreo, el borde sur se movió hacia el norte para minimizar los efectos de borde y preservar la integridad del experimento. El 25 de febrero de 2015, luego de las mediciones correspondientes, se cortaron todas las plantas a 4 cm, para eliminar el material muerto acumulado, que era muy elevado en cantidad, particularmente en las plantas cortadas a 10 cm (datos no mostrados). En las siguientes cosechas se retomaron las alturas de corte correspondientes. El 10 de abril de 2015 fue necesario realizar un corte no planificado, debido a un ataque generalizado de palomas que demoró en ser controlado. Se conservó la altura de corte de los tratamientos, pero no se realizaron determinaciones.

Previo a cada corte se determinó la altura de las plantas como la longitud (cm) desde la superficie del suelo a la altura promedio de la canopia, y el número de hojas primarias totalmente expandidas en 5 tallos por contenedor. En cada cosecha, la biomasa aérea (BA) fue separada en biomasa remanente (BA_{REM}, biomasa comprendida entre el nivel superior de la corona y el nivel de corte, *i.e.* 4 o 10 cm) y biomasa cosechada (BA_{COS}) por encima del nivel de corte (4 o 10 cm de altura según corresponda). La BA_{COS} fue separada en hojas (BA_{HOJA}, láminas + pecíolos) y tallos (BA_{TALLO}), y con ello se calculó la proporción de hojas (PROP_{HOJA} = BA_{HOJA}/BA_{COS}). En la BA_{REM}, los tallos viejos y/o muertos que correspondían a material remanente de cortes previos fueron identificados según su dureza al tacto, si era hueco o macizo y su color en la gama del amarillo-marrón, y separados de los tallos jóvenes, generados durante el mismo rebrote (flexibles al tacto, macizos y de color verde). La suma de la biomasa de hojas y tallos nuevos en el remanente se clasificó como remanente verde (BA_{REM_verde}) y correspondió al crecimiento nuevo ubicado debajo de la altura de corte. La presencia de hojas viejas y/o muertas fue nula, por lo que solo los tallos viejos y/o muertos contribuyeron a la biomasa remanente vieja. Todas las fracciones se mantuvieron en freezer a -20 °C hasta su secado. La biomasa aérea se secó en estufa de aire forzado a 60 °C durante 72 h para obtener la biomasa seca. Todas las fracciones se expresaron en kg MS/ha. El crecimiento aéreo total (BA_{CREC}) de cada rebrote fue estimado a través de la suma entre BA_{REM_verde} y BA_{COS}. Se estimó la tasa de crecimiento como el cociente entre la BA_{CREC} y el número de días de rebrote.

Exceptuando dos fechas de corte (ver Tabla 1), se determinó digestibilidad de materia seca de hojas (DMS_{HOJAS}) y tallos

Tabla 1. Grados días acumulados (GDA) durante el rebrote entre fechas de corte considerando una temperatura base de 5 °C. *Indica fechas donde no se realizó análisis de calidad nutritiva.

Table 1. Accumulated growing degree days (GDA) during regrowth between cutting dates considering a base temperature of 5 °C. *Indicates dates where nutritional quality analysis was not performed.

Fecha corte	GDA	Observaciones
05/11 /2014*	426	Suma térmica desde el 24/09/2015 al 5/11/2014.
03/12/2014	389	
22/12/2014	312	
13/01/2015	386	
04/02/2015	368	
25/02/2015	346	Elevada cantidad de material muerto, corte a 4 cm de altura.
18/03/2015	395	
10/04/2015	315	
20/05/2015*	415	Ataque de palomas. No se registró la biomasa producida.
02/09/2015	538	

(DMS_{TALLOS}) cosechados por incubación *in vitro* de 250 mg de muestra durante 48 h de incubación en el equipo Daisy (ANKOM Technology). Con la PROP_{HOJA} y PROP_{TALLO} (PROP_{TALLO} = 1 - PROP_{HOJA}) se determinó la DMS de biomasa aérea cosechada (DMS_{COS} = DMS_{HOJAS} X PROP_{HOJA} + DMS_{TALLOS} X PROP_{TALLO}).

Análisis estadístico

Los tratamientos se organizaron como la combinación factorial de dos cultivares (G6 y G10) y dos alturas de corte (40 cm y 10 cm) en un diseño completamente al azar con tres repeticiones (es decir, tres contenedores). Para todas las variables consideradas, en cada fecha, se analizó mediante ANOVA, el promedio de dos plantas por contenedor mediante el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2015). Cuando fue necesario, las medias se compararon utilizando la prueba de diferencia mínima significativa con un nivel de significancia de 0,05. Se realizó un análisis de regresión lineal de mínimos cuadrados ordinarios con el procedimiento REG del paquete SAS (v 9.0, SAS Institute Inc. Cary, NC, EE. UU.). Las pendientes y las interceptas de las funciones lineales se compararon utilizando variables 'dummy' (Littell *et al.* 2002). La no linealidad se probó mediante la adición del componente cuadrático. Si era significativa, se ajustaron las funciones no lineales apropiadas utilizando el procedimiento SAS NLIN. Se utilizó un nivel de significación del 5%. Cuando no hubo diferencias entre tratamientos los datos se agruparon y se presenta solo una ecuación general. Cuando hubo diferencias, estas fueron entre cultivares, sin detectarse diferencias entre alturas de corte, con lo cual los datos se agruparon en función del cultivar y se presenta una ecuación general para cada cultivar.

Resultados

Producción de forraje, proporción de hojas y relaciones con altura de plantas y hojas acumuladas

Independientemente del cultivar, el crecimiento aéreo acumulado (BA_{CREC}) de las plantas cortadas a 10 cm de altura fue 25% superior al de las cortadas a 4 cm de altura ($P < 0,05$; 24.950 vs. 20.205 kg MS/ha), y no se detectaron diferencias entre cultivares ($P > 0,05$; 22.580 kg MS/ha). Por su parte, en lo que respecta a la BA_{COS} acumulada, no se detectaron diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$; Tabla 2). Aproximadamente el 87% de la biomasa aérea se produjo durante la primavera-verano, mientras que el 13% restante se produjo en otoño-invierno (Figura 1a). La tasa de crecimiento fue mayor en las plantas cortadas a 10 cm de altura que las cortadas a 4 cm a inicios de diciembre, mediados de enero y en invierno ($P < 0,05$; Figura 1a). El cultivar G6 superó al G10 a inicios de febrero ($P < 0,05$), mientras que el G10 superó al G6 en los rebrotes de fines de verano (Figura 1a).

Las plantas cortadas a 10 cm mostraron mayor biomasa verde remanente (BA_{REM_verde}) que aquellas cortadas a 4 cm, siendo notorias las diferencias a favor de G6-10cm, en las fechas de otoño e invierno (Figura 1b). La BA_{REM_verde} se compuso mayormente de tallo verde del remanente (~80-90%; datos no presentados).

En general, el cultivar G10, mostró mayor altura ($P < 0,05$) que el G6 durante todo el período evaluado (Figura 1c). El cultivar G6 mostró mayor número de hojas expandidas por tallo que el G10 a mediados de verano (04/02/2015) y en invierno ($P < 0,05$; Figura 1d). Las plantas cortadas a 10 cm mostraron mayor número de hojas expandidas que las cortadas a 4 cm solo a inicios y finales de verano, no registrándose diferencias en el resto de los cortes evaluados (Figura 1d).

Tabla 2. Biomasa aérea cosechada (BA_{COS}), proporción de hoja (PROP_{HOJA}), digestibilidad de la materia seca de la biomasa aérea (DMS_{COS}), del tallo (DMS_{TALLOS}) y de las hojas (DMS_{HOJAS}) cosechadas, en un cultivar de alfalfa con reposo invernal intermedio (G6) y otro sin reposo invernal (G10), cortados a 4 y 10 cm de altura con una frecuencia promedio de 370 grados días acumulados (temperatura base 5 °C). Para PROP_{HOJA}, DMS_{COS}, DMS_{TALLOS} y DMS_{HOJAS} los valores son promedios de las fechas evaluadas $\pm$ EE (n=3).

Table 2. Aerial harvested biomass (BA_{COS}), leaf proportion (PROP_{HOJA}), Dry matter digestibility of aerial biomass (DMS_{COS}), stems (DMS_{TALLOS}) and leaves (DMS_{HOJAS}), in a semi-dormant cultivar (G6) and a non-dormant (G10) cultivar of lucerne, cut at 4 and 10 cm in height with an average frequency of 370 growing degree days (base temperature 5 °C). For PROP_{HOJA}, DMS_{COS}, DMS_{TALLOS} y DMS_{HOJAS} values are averages of the evaluated dates $\pm$ SE (n=3).

	BA _{COS}	PROP _{HOJA}	DMS _{COS} (%)	DMS _{TALLOS} (%)	DMS _{HOJAS} (%)
G6-10cm	19251 $\pm$ 1165	0,60 $\pm$ 0,01	72 $\pm$ 0,8	64 $\pm$ 1,2	78 $\pm$ 0,6
G6-4cm	16380 $\pm$ 1502	0,61 $\pm$ 0,01	71 $\pm$ 0,2	64 $\pm$ 1,1	77 $\pm$ 0,2
G10-10cm	19776 $\pm$ 1355	0,54 $\pm$ 0,02	69 $\pm$ 0,4	61 $\pm$ 0,9	78 $\pm$ 0,6
G10-4cm	18360 $\pm$ 2107	0,52 $\pm$ 0,02	68 $\pm$ 1,1	58 $\pm$ 0,6	78 $\pm$ 0,4
Cultivar	0,40	<0,01	<0,01	<0,01	0,56
Altura de corte	0,24	0,91	0,22	0,25	0,41
Cultivar x Altura de corte	0,60	0,22	0,47	0,30	0,70

Valores P (0,05) para efectos Cultivar, Altura de corte y la interacción Cultivar x Altura de corte.
 P values (0,05) for Cultivar, Cutting Height effects and the Cultivar x Cutting Height interaction.

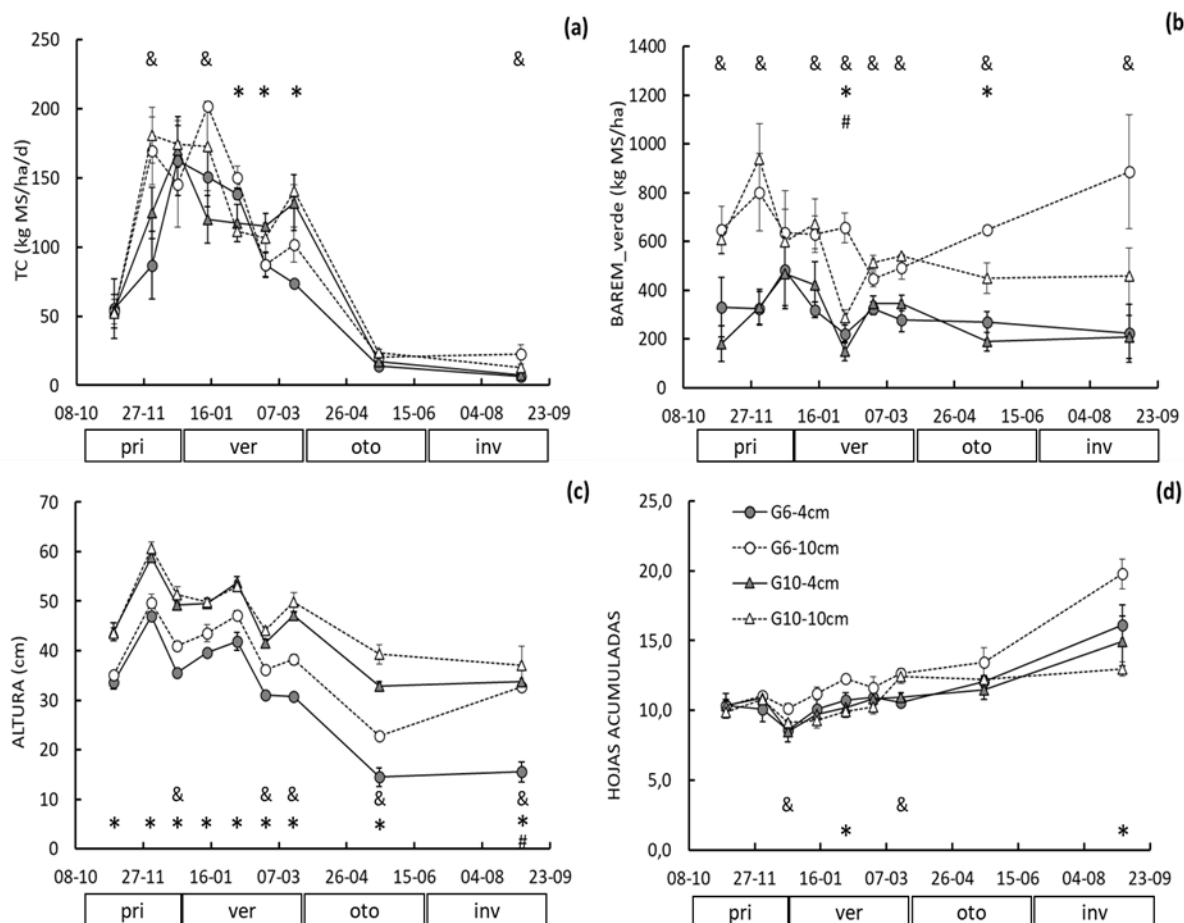


Figura 1. Evolución de la (a) tasa de crecimiento (TC), (b) del remanente verde (BA_{REM_verde}), (c) de la altura de plantas, y (d) del número de hojas acumuladas previo al corte en un cultivar de alfalfa con reposo invernal intermedio (G6) y otro sin reposo invernal (G10), cortados a 4 y 10 cm de altura con una frecuencia promedio de 370 grados días acumulados (temperatura base 5 °C). Las barras verticales indican $\pm$ un error estándar de la media ($n=3$). Los símbolos denotan diferencias significativas ($P<0,05$) entre alturas de corte (&), cultivares (*) y para la interacción cultivar por altura de corte (#). Las barras debajo del eje x denotan las estaciones del año (pri=primavera, ver=verano, oto=otoño, inv=invierno).

Figure 1. Evolution of (a) growth rate (TC), (b) residual green biomass (BA_{REM_verde}), (c) plant height and (d) accumulated leaves, in a semi-dormant cultivar (G6) and a non-dormant (G10) cultivar of lucerne, cut at 4 and 10 cm in height with an average frequency of 370 growing degree days (base temperature 5 °C). Vertical bars indicate $\pm$ one standard error of the mean ($n=3$). Symbols denote significant differences ($P<0.05$) between cutting heights (&), cultivars (*) and for the interaction cultivar by cutting height (#). The bars below the x-axis denote the seasons of the year (pri=spring, ver=summer, oto=autumn, inv=winter).

La similitud en tasa de crecimiento y la diferencia en altura de plantas previo al corte, determinó marcadas diferencias entre cultivares en la relación entre la altura y la biomasa aérea acumulada previo al corte (Figura 2a). Por su parte, la relación entre hojas acumuladas y biomasa fue negativa (Figura 2b).

En promedio, la $PROP_{HOJA}$ fue mayor en el cultivar G6 que en el G10 ($P<0,05$; Tabla 2) y no se evidenciaron diferencias entre alturas de corte ($P>0,05$; Tabla 2). En la medida que la altura de las plantas fue mayor la $PROP_{HOJA}$ fue menor y la variabilidad en $PROP_{HOJA}$ fue explicada fuertemente por la variabilidad en altura, independientemente de los tratamientos analizados (Figura 2c). Por el contrario, la relación entre hojas acumuladas y $PROP_{HOJA}$ fue positiva (Figura 2d).

Digestibilidad de materia seca total y de componentes, relaciones con altura y hojas acumuladas

El cultivar G6 mostró, en promedio para todas las fechas evaluadas, mayores valores de DMS_{COS} que el cultivar G10 y no hubo diferencias entre alturas de corte (Tabla 2). Las diferencias en DMS_{COS} entre cultivares se explicaron por las diferencias en la DMS_{TALLOS} , donde las plantas del cultivar G6 mostraron mayores valores (Tabla 2). No se hallaron diferencias en la DMS_{HOJAS} (Tabla 2).

La relación entre altura y DMS fue nula para el componente hoja y negativa para el componente tallo y la BA_{COS} (Figura 3a, c, e). Tampoco se observó relación entre hojas acumuladas y DMS_{HOJAS} (Figura 3b), mientras que la relación entre las hojas acumuladas y la DMS_{TALLOS} y DMS_{COS} fue positiva (Figura 3d, f).

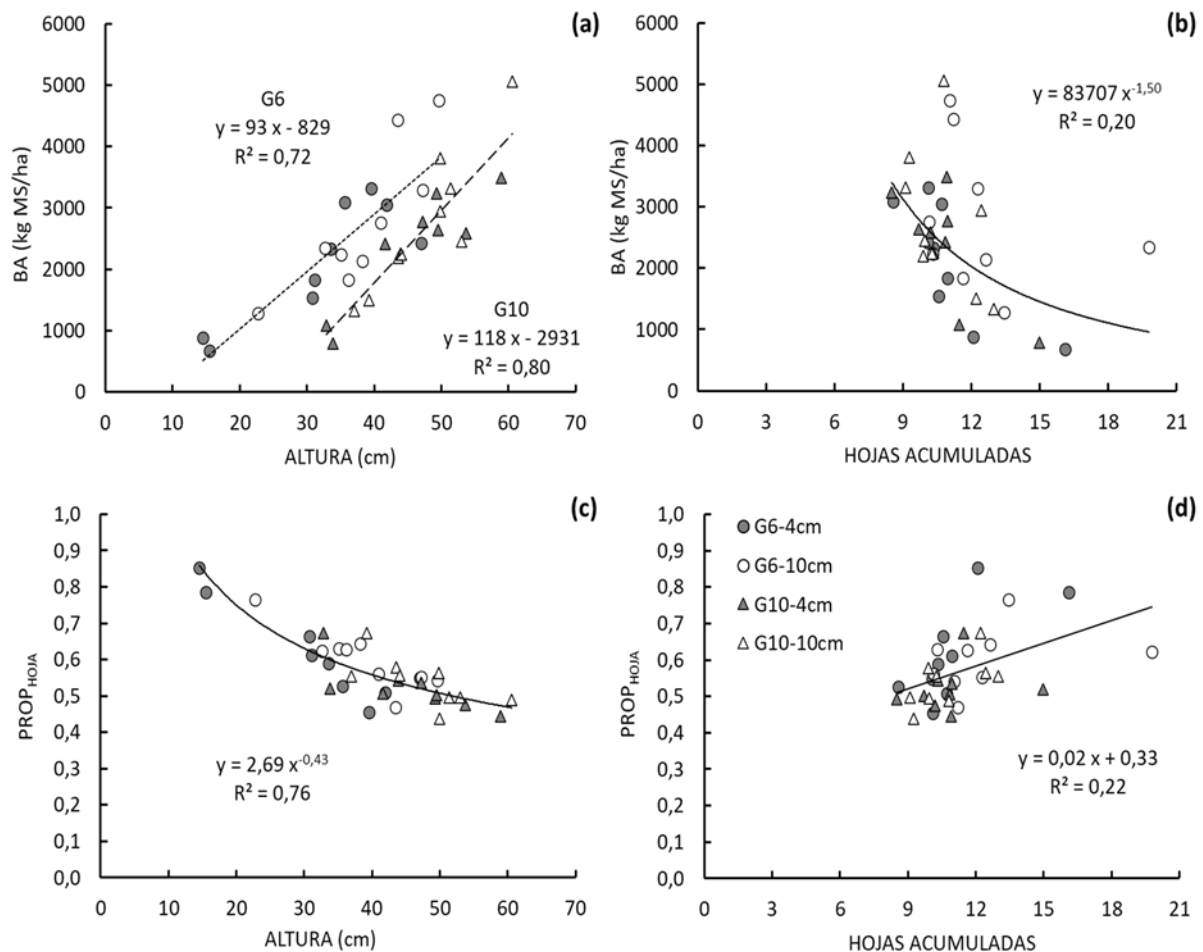


Figura 2. Relaciones entre (a) altura de plantas y biomasa acumulada previo al corte (BA), (b) hojas acumuladas y BA_{COS}, (c) altura y proporción de hojas (PROP_{HOJA}) en BA_{COS}, y (d) hojas acumuladas y (PROP_{HOJA}) en un cultivar de alfalfa con reposo invernal intermedio (G6) y otro sin reposo invernal (G10), cortados a 4 y 10 cm de altura con una frecuencia promedio de 370 grados días acumulados (temperatura base 5 °C). Cada punto representa, para cada tratamiento, el valor promedio (n=3) de una fecha de corte. Todas las regresiones presentadas son significativas ($P < 0,05$). No se detectaron diferencias entre alturas de corte en ninguna de las regresiones analizadas. Solo se detectaron diferencias entre cultivares en (a). En (b), (c) y (d) se presenta una sola regresión para el total de los datos.

Figure 2. Relationships between (a) plant height and accumulated biomass (BA), (b) accumulated leaves and BA_{COS}, (c) plant height and leaf proportion (PROP_{HOJA}) in BA_{COS}, and (d) accumulated leaves and (PROP_{HOJA}), in a semi-dormant cultivar (G6) and a non-dormant (G10) cultivar of lucerne, cut at 4 and 10 cm in height with an average frequency of 370 growing degree days (base temperature 5 °C). Each point represents, for each treatment, the average value (n=3) of a cutting date. All regressions presented are statistically significant ($P < 0.05$). No differences were detected between cutting heights in any of the regressions analyzed. Differences between cultivars were only detected in (a). In (b), (c) and (d) a single regression is presented.

Discusión

En este trabajo se analizó el impacto de la altura de corte (4 cm vs. 10 cm) sobre el comportamiento de dos cultivares de alfalfa contrastantes en su grado de reposo invernal (G6 vs. G10) sometidos a defoliaciones frecuentes durante el primer año de crecimiento. En adelante, se discute el impacto generado por los tratamientos sobre la producción de forraje y la calidad nutritiva en ambos cultivares.

Crecimiento aéreo total y biomasa cosechada

En ambos cultivares, las plantas cortadas a 10 cm de altura tuvieron, respecto de las cortadas a 4 cm, mayor biomasa verde remanente post-corte (Figura 1b), lo que generó mayores tasas de crecimiento, principalmente en primavera tardía y mediados de verano (Figura 1a). Esto derivó en un mayor crecimiento acumulado anual y a su vez determinó que, a pesar de elevar la altura de corte (pasar de 4 a 10 cm), no se detecten diferencias en forraje cosechado acumulado anual entre las plantas cortadas a 4 y 10 cm de altura.

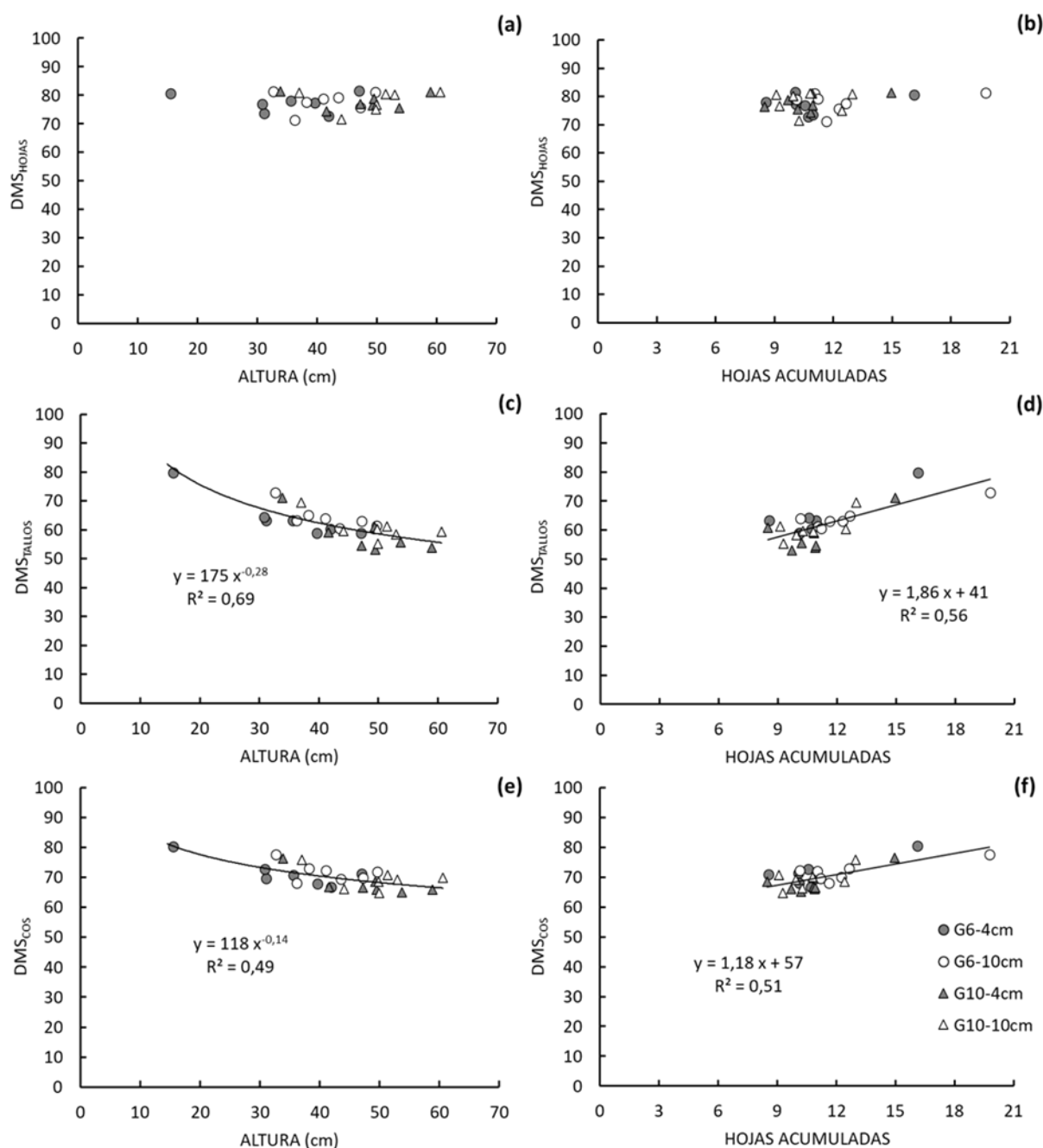


Figura 3. Relaciones entre (a) altura de plantas y digestibilidad de la materia seca (DMS) de hojas (DMS_{HOJAS}), (b) hojas acumuladas y DMS_{HOJAS} , (c) altura de plantas y DMS de tallos (DMS_{TALLOS}), (d) hojas acumuladas y DMS_{TALLOS} , (e) altura de plantas y DMS de la biomasa aérea cosechada (DMS_{COS}) y (f) hojas acumuladas y DMS_{COS} , en un cultivar de alfalfa con reposo invernal intermedio (G6) y otro sin reposo invernal (G10), cortados a 4 y 10 cm de altura con una frecuencia promedio de 370 grados días acumulados (temperatura base 5 °C). Cada punto representa, para cada tratamiento, el valor promedio ($n=3$) de una fecha de corte. Todas las regresiones presentadas son estadísticamente significativas ($P<0,05$). No se detectaron diferencias entre alturas de corte y cultivares en ninguna de las regresiones analizadas, por lo que se presenta una única regresión.

Figure 3. Relationships between (a) plant height and dry matter digestibility (DMS) of leaves (DMS_{HOJAS}), (b) accumulated leaves and DMS_{HOJAS} , (c) plant height and DMS of stems (DMS_{TALLOS}), (d) accumulated leaves and DMS_{TALLOS} , (e) plant height and DMS of the harvested aerial biomass (DMS_{COS}), and (f) accumulated leaves and DMS_{COS} , in a semi-dormant cultivar (G6) and a non-dormant (G10) cultivar of lucerne, cut at 4 and 10 cm in height with an average frequency of 370 growing degree days (base temperature 5 °C). Each point represents, for each treatment, the average value ($n=3$) of a cutting date. All regressions presented are statistically significant ($P<0.05$). No differences were detected between cutting heights and cultivars in any of the regressions analyzed, therefore a single regression is presented.

La mayor producción de biomasa aérea en plantas cortadas menos severamente (*i.e.* 10 cm) concuerda con lo reportado en la literatura (Hildebrand y Harrison 1939; Kust y Smith 1961; Langer y Steinke 1965; Smith y Nelson 1967; Leach 1969). Esto se debe a que, en las plantas defoliadas menos severamente, la mayor biomasa verde remanente (hojas y tallos jóvenes) permite mayor captura de radiación post-corte y a su vez contribuye con yemas axilares capaces de generar biomasa aérea durante el rebrote (Hodgkinson *et al.* 1972; Goose *et al.* 1988; Simon *et al.* 2004; Meuriot *et al.* 2005). A su vez las plantas cortadas menos severamente muestran mayores niveles de N en sus órganos de reserva, que junto al N removilizado desde la biomasa aérea remanente, son una fuente adicional que aportan a la mayor cantidad de meristemas no defoliados ubicados en la base de las plantas (*i.e.* en el corona y tallos remanentes) menos severamente defoliadas, los cuales son responsables del crecimiento en las fases iniciales del rebrote post-corte (Dufour *et al.* 2004; García *et al.* 2021; Blain *et al.* 2023).

Respecto de los cultivares, no se observaron diferencias marcadas entre cultivares, salvo en momentos puntuales, que no significaron diferencias entre los mismos tanto en la distribución estacional del crecimiento ni en la productividad anual acumulada, lo que concuerda con resultados previamente presentados para la región (Pece y Cangiano 2003). Esta falta de diferencias podría deberse a que las temperaturas imperantes en el sudeste bonaerense durante el periodo invernal (10-8 °C) determinan un fuerte freno al crecimiento de alfalfa y evitan que los cultivares sin latencia invernal (*i.e.* G10) expresen su mayor capacidad de crecimiento durante dicho periodo (McKenzie *et al.* 1988; Castonguay *et al.* 2006).

Calidad nutritiva

Defoliaciones más severas (4 cm remanente) implicarían, respecto de cortes menos severos (10 cm remanente), la cosecha de una biomasa con mayor proporción de tallo los cuales a su vez, dispondrían de un mayor contenido de fibra y lignina (Galli y Cangiano 1998; Lemaire y Belanger 2020). Sin embargo, en este trabajo, no se hallaron diferencias entre alturas de corte en PROP_{HOJA}, DMS_{TALLOS} y DMS en la BA_{COS} para ninguno de los cultivares evaluados (Tabla 2, Figura 3). La elevada frecuencia de corte empleada en este trabajo habría prevenido tanto la caída y pérdida de hojas basales, como los elevados niveles de engrosamiento y lignificación en los tallos, los cuales suelen sí observarse en tallos de rebrotes más largos (Brown *et al.* 2006; Lemaire y Belanger 2020).

En el caso de los cultivares, el cultivar G10 mostro menor DMS_{COS} que el cultivar G6. Esta diferencia no puede adjudicarse a una diferencia en la edad de los tejidos cosechados ya que, el número de hojas acumuladas al momento del corte fue similar entre cultivares, o inclusive ligeramente superior en el cultivar G6 (Figura 1d). La menor DMS_{COS} del cultivar G10 se explicó por una menor PROP_{HOJA} y una menor DMS_{TALLOS} (Tabla 2), lo cual se debería a que dicho cultivar tuvo, al momento del corte, mayor altura de canopia que el cultivar G6 (Figura 1c). Las relaciones presentadas en la Figura 3c y 3e muestran que, comparadas a igual altura de canopia, las diferencias entre cultivares en DMS_{COS} y DMS_{TALLOS} desaparecen. Como se observó previamente (Lemaire y Belanger 2020; Berone *et al.* 2021) y se

corroboró en el presente trabajo, en alfalfa, en la medida que se incrementa la altura, se reduce la PROP_{HOJAS} y la DMS_{TALLOS}. En consecuencia, podemos especular que, a similar fecha de corte, la mayor tasa de elongación de entrenudos (mayor altura) de los cultivares sin latencia invernal determinan menor DMS respecto de cultivares con reposo invernal intermedio, debido al efecto negativo de la altura sobre la PROP_{HOJA} y la DMS_{TALLOS}. Si la menor DMS_{TALLOS} observada en la medida que se incrementa la altura de las plantas se debe a un incremento en la proporción de tejido estructural a nivel del propio tallo (*i.e.* mayor contenido de fibra en tallos) y/o a un descenso en la digestibilidad de la fibra de estos (Lemaire y Belanger 2020) es algo que merece investigación adicional.

Implicancias de manejo

Desde el punto de vista del manejo de la pastura, es importante mencionar que el material muerto de la biomasa residual aumentó fuertemente en las plantas cortadas a 10 cm de altura lo que derivó en la necesidad de un corte de limpieza, hacia mediados de verano, realizado a 4 cm de altura (ver sección Material y Métodos). La presencia de material muerto, como el corte de limpieza, no afectaron la capacidad de crecimiento de las plantas defoliadas a 10 cm de altura. Esto sugiere que, de ser necesario, un corte de limpieza en pleno verano no tendría consecuencias negativas en las plantas de alfalfa que previamente fueron defoliadas a 10 cm de altura.

Respecto de posibles impactos en la persistencia, el incremento de la altura remanente post-corte, deriva en mayor cantidad de tejido fotosintético residual y en mayores niveles de biomasa y reservas de C y N en raíces y corona (Hildebrand y Harrison 1939; Langer y Steinke 1965; Meuriot *et al.* 2005; Blain *et al.* 2024). Esto podría beneficiar la persistencia de las pasturas de alfalfa, particularmente bajo esquemas que mantienen defoliaciones muy frecuentes durante el periodo de mediados de verano a otoño (Belanger *et al.* 1999; Vázquez y Berone 2022).

Respecto a los factores que modifican la calidad nutritiva del forraje, los resultados obtenidos permiten hipotetizar sobre el impacto que las decisiones de manejo pueden tener sobre la respuesta animal en pasturas de alfalfa. Por ejemplo, en un sistema que propone como norma de manejo el pastoreo de alfalfa en función de un determinado valor de biomasa (o de hojas acumuladas) un cultivar sin latencia invernal (*e.g.* G10) ofrecerá, plantas con mayor altura, menor PROP_{HOJA}, menor DMS_{TALLOS} y menor DMS_{COS} respecto de un cultivar de latencia invernal intermedia (*e.g.* G6). Utilizando los resultados del presente trabajo, si se decidiera ingresar a pastorear (o cortar una pastura) cuando se acumulan 2500 kg MS/ha de BA, el cultivar G6 tendrá una altura de canopia de aproximadamente 35 cm mientras que en el cultivar G10 la misma será de unos 45 cm (Figura 2a). En dicho estado, la PROP_{HOJA}, la DMS_{TALLOS} y la DMS_{COS} serían superiores en el cultivar G6 que en el G10 (Figuras 2c, 3c y 3e). En consecuencia, a similar presión de pastoreo, esto podría determinar una menor respuesta animal en una pastura compuesta por un cultivar sin latencia invernal, ya sea por cosechar material de distinta calidad nutritiva y/o por un rechazo de estos, llevando en ambos casos a una menor eficiencia de utilización del forraje ofrecido (Brown y Moot 2004). Por supuesto, esta hipótesis deberá ser corroborada experimentalmente.

Visto desde otro lado, los resultados obtenidos sugieren que, para lograr una cosecha de forraje con similar DMS_{COS} pasturas compuestas por cultivares de distinto grado de latencia deberían ser defoliados cuando la altura de las plantas es similar (Figura 3e). Debido a que el cultivar G10 muestra mayor altura de plantas que el G6 (Figura 1c), para ingresar con los animales en un cultivar G10 con igual altura de plantas que en un cultivar G6, el intervalo entre pastoreos/cortes debería ser menor en un cultivar G10 que en un cultivar G6. Este menor intervalo entre pastoreos en G10 permitiría ingresar con menor biomasa pre-pastoreo que un G6 (Figura 2a) pero, fundamentalmente, con similar DMS que un G6. Sin embargo, el impacto que dicho manejo puede tener sobre la persistencia de las pasturas debería ser tenido en cuenta. Al respecto, un trabajo reciente (Hoppen *et al.* 2022) muestra que, en el mediano-largo plazo (*e.g.* 5 años), incrementos en la frecuencia de corte o pastoreo redujeron la productividad y la persistencia en mayor medida en un cultivar sin latencia invernal (*e.g.* G10) que en cultivares con mayor latencia invernal (*e.g.* G6).

Históricamente, los tomadores de decisión estuvieron interesados en predecir los valores directamente en el campo de la DMS, y su evolución, con el objetivo de cosechar una cantidad y calidad de forraje que les permita obtener determinados objetivos de producción y/o comerciales. La fuerte evidencia de la disminución de la DMS en la medida que la planta se desarrolla y crece, llevo a la posibilidad de anticipar la disminución del valor nutritivo del forraje y decidir la mejor fecha de cosecha simplemente monitoreando la fenología de la planta. Sin embargo, la información obtenida tanto en este como en otros trabajos (Lemaire y Bélanger 2020; Ta *et al.* 2020; Berone *et al.* 2021) sugieren que dicho enfoque debería ser modificado, incorporando la variable altura como predictora de la cantidad y calidad nutritiva del forraje a cosechar. Al respecto, las relaciones presentadas en la Figura 3c y 3e muestran que, comparadas a igual altura de canopia, las diferencias entre cultivares en DMS_{COS} y DMS_{TALLOS} desaparecen. A su vez, la relación inversa entre altura y DMS_{COS} (Figura 3e) pone de manifiesto la relevancia de la altura de los tallos como modulador de la calidad nutritiva. Este conjunto de resultados demuestra que, en pasturas de alfalfa, la altura de la pastura previo al momento de pastoreo o corte permite inferir de manera muy confiable tanto la cantidad y la calidad del forraje a cosechar como la respuesta animal (Berone *et al.* 2020; Méndez *et al.* 2021; Sardiña *et al.* 2022).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten concluir que, en plantas de alfalfa defoliadas con una frecuencia mayor a la usualmente recomendada, pasar de un remanente post-corte de 4 a 10 cm de altura (*i.e.* una mayor altura de corte) permite un mayor crecimiento aéreo, sin generar modificaciones en la cantidad y digestibilidad del forraje cosechado, independientemente del grado de latencia del cultivar. A su vez, se pudo observar que plantas de mayor altura previo al corte mostraron menor proporción de hojas y menor digestibilidad de tallos, sin observarse cambios en la digestibilidad de las hojas. En consecuencia, la menor digestibilidad observada en el cultivar sin latencia invernal, respecto del cultivar de latencia invernal intermedia, fue

explicada simplemente por su mayor altura de plantas previo al corte.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el INTA (proyecto PNPA-1126073). La investigación formó parte de un estudio realizado por Gabriel Blain en cumplimiento parcial de sus requisitos para obtener el título de Magíster en Producción Animal (Universidad Nacional de Mar del Plata). El primer autor recibió una beca del INTA. El Dr. Pedro Errecart realizó valiosos aportes en los análisis estadísticos.

Contribuciones de los autores

Blain G: escritura de la primera versión del artículo, ejecución del experimento, procesamiento de datos, análisis de resultados, adquisición de fondos. **Assuero SG:** diseño del experimento, análisis de resultados, aportes a la escritura del artículo. **Berone GD:** conceptualización, diseño del experimento, administración del proyecto, adquisición de fondos, procesamiento de datos, análisis de resultados, revisión, escritura.

Bibliografía

- Bélanger G, Kunelius T, McKenzie D, Papadopoulos Y, Thomas B, McRae K, Fillmore S, Christie B (1999) Fall cutting management affects yield and persistence of lucerne in Atlantic Canada. *Canadian Journal of Plant Science* **79**, 57-63.
- Berone GD, Sardiña C, Moot DJ (2020) Animal and forage responses on lucerne (*Medicago sativa* L.) pastures under contrasting grazing management in a temperate climate. *Grass and Forage Science* **75**, 192-205.
- Berone GD, Betráñ N, Di Nucci E (2021) Forage production and leaf proportion of lucerne (*Medicago sativa* L.) in subtropical environments: fall dormancy, cutting frequency and canopy effects. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo* **53**, 79-88.
- Blain G (2018) 'Respuesta a la severidad de corte en dos cultivares de alfalfa que contrastan en su grado de reposo invernal' MgSc Tesis. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- Blain G, Assuero SG, Berone GD (2023) Forage production and perennial root biomass in lucerne under two cutting heights. *Revista de Investigación Agropecuaria* **49**, 15-22.
- Brown HE, Moot DJ (2004) Quality and quantity of chicory, lucerne and red clover production under irrigation. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* **66**, 257-264.
- Brown HE, Moot DJ, Teixeira EI (2006) Radiation use efficiency and biomass partitioning of lucerne (*Medicago sativa*) in a temperate climate. *European Journal of Agronomy* **25**, 319-327.
- Castonguay Y, Laberge S, Brummer EC, Volenec JJ (2006) Alfalfa winter hardiness: a research retrospective and integrated perspective. *Advances in Agronomy* **90**, 203-265.
- Comerón EA, Romero L (2007) Utilización de la alfalfa por vacas lecheras en pastoreo. In 'El cultivo de la alfalfa en la Argentina'. (Ed DH Basigalup) pp. 303-331. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina.

- Cunningham SM, Gana JA, Volenec JJ, Teuber LR (2001) Winter hardiness, root physiology, and gene expression in successive fall dormancy selections from 'Mesilla' and 'CUF 101' alfalfa. *Crop Science* **41**, 1091-1098.
- Di Rienzo JA, Casanovez F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW (2015) InfoStat version 2015. National University of Cordoba.
- Dufour L, Faucher M, Lemaire G (1989) Etude des transferts d'assimilats entre tiges de luzerne (*Medicago sativa* L.) par l'utilisation du $^{14}\text{CO}_2$. *Agronomie* **9**, 377-382.
- Galli J, Cangiano (1998) Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. *Revista Argentina de Producción Animal* **18** (3), 247-261.
- García LA, Assuero SG, Blain G, Pereyra ME, Berone GD (2021) Dynamics of aerial and perennial biomass of two lucerne cultivars with different fall dormancy subject to two severities of cutting during the establishment phase. *Revista de la Facultad de Agronomía* **120**, 1-10.
- Gosse G, Lemaire G, Chartier M, Balfourier F (1988) Structure of a lucerne population (*Medicago Sativa* L.) and dynamics of stem competition for light during regrowth. *Journal of Applied Ecology* **25**, 609-17.
- Hildebrand SC, Harrison CM (1939) The effect of height and frequency of cutting lucerne up on consequent top growth and root development. *Journal of the American Society of Agronomy* **31**, 790-799.
- Hodgkinson KC, Smith NG, Miles GE (1972) The photosynthetic capacity of stubble leaves and their contribution to growth of the lucerne plant after high level cutting. *Australian Journal of Agricultural Research* **23**, 225-238.
- Hoopen SM, Neres MA, Ta H, Yang X, Mills A, Jauregui J, Moot DJ (2022) Canopy dynamics of lucerne (*Medicago sativa* L.) genotypes of three fall dormancies grown under contrasting defoliation frequencies. *European Journal of Agronomy* **140**, 126601.
- INDEC (2021) Censo Nacional Agropecuario 2018. Resultados definitivos (1st ed., p. 747). Buenos Aires, Argentina: INDEC.
- Jauregui J, Ojeda J, Berone GD, Lattanzi FA, Baudracco J, Fariña S, Moot DJ (2022) Yield gaps of lucerne (*Medicago sativa* L.) in livestock systems of Argentina. *Annals of Applied Biology* **181**, 22-32.
- Kloster AM, Zaniboni C (2007) Manejo y utilización de pasturas de alfalfa en producción de carne. In 'El cultivo de la alfalfa en la Argentina'. (Ed DH Basigalup) pp. 277-301. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina.
- Kust CA, Smith D (1961) The influence of harvest management on the level of carbohydrate reserves, longevity of stand, and yields of hay and protein from Vernal alfalfa. *Crop Science* **1**, 267-269.
- Langer RHM, Steinke TD (1965) Growth of lucerne in response to height and frequency of defoliation. *Journal Agricultural Science* **69**, 291- 294.
- Lemaire G, Bélanger G (2020) Allometries in plants as drivers of forage nutritive value: A review. *Agriculture* **10**, 5.
- Leach GJ (1969) Shoot numbers, shoot size and yield of regrowth in three lucerne cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* **20**, 425- 34-30.
- Littell RC, Stroup WW, Freund RJ (2002) SAS® for Linear Models, fourth edition. SAS Institute Inc., Cary, NC
- McKenzie JS, Pacquin R, Duke SH (1988) Cold and heat tolerance. In 'Alfalfa and alfalfa improvement'. (Eds AA Hanson, DK Barnes, RRJ Hill) pp. 259–302. (American Society of Agronomy: Madison, WI)
- Méndez DG, Sardiña MC, Diez M, Ceconi I, Viano S, Berone GD (2021) La utilización de alfalfa en verano con mayor frecuencia de defoliación generó incrementos en la producción animal. *Revista Argentina de Producción Animal* **41** Supl. 1, 73.
- Meuriot F, Decau ML, Morvan-Bertrand A, Prud'home MP, Gastal F, Simon JC, Volenec J, Avice JC (2005) Contribution of initial C and N reserves in *Medicago sativa* recovering from defoliation: impact of cutting height and residual leaf area. *Functional Plant Biology* **32**, 321-334.
- Parsons D, Cherney JH, Peterson PR (2009) Preharvest Neutral Detergent Fiber Concentration of Alfalfa as Influenced by Stubble Height. *Agronomy Journal* **101**, 769-774.
- Pece MA, Cangiano CA (2003) Tasa de acumulación de la biomasa área en dos cultivares de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Balcarce. *Revista Argentina de Producción Animal* **23**, 33-43.
- Sardiña C, Méndez D, Diez M, Berone GD (2022) Aumento diario de peso vivo de novillos sobre pasturas de alfalfa pastoreadas frecuentemente durante fin de la primavera y verano. *Revista Argentina de Producción Animal* **42** Supl. 1, 176.
- Simon JC, Decau ML, Avice JC, Jacquet A, Meuriot F, Allirand JM (2004) Effects of initial N reserve status and residual leaf area after cutting on leaf area and organ establishment during regrowth of lucerne. *Journal Plant Scientist* **84**, 1059-1066.
- Smith D, Nelson CJ (1967) Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa. 1. Response to height and frequency of cutting. *Crop Science* **7**, 130-133.
- Sulc MR, Albrecht KA, Cherney JH, Hall MH, Mueller SC, Orloff SB (1997) Field Testing a Rapid Method for Estimating Alfalfa Quality. *Agronomy Journal* **89**, 952-957.
- Ta HT, Teixeira EI, Brown HE, Moot DJ (2020) Yield and quality changes in lucerne of different fall dormancy ratings under three defoliation regimes. *European Journal of Agronomy* **115**, 126012.
- Thiebeau P, Beaudoin N, Justes E, Allirand JM, Lemaire G (2011) Radiation use efficiency and shoot:root dry matter partitioning in seedling growths and regrowth crops of lucerne (*Medicago sativa* L.) after spring and autumn sowings. *European Journal of Agronomy* **35**, 255-268.
- Van Soest PJ (1994) 'Nutritional ecology of the ruminant'. 2nd ed. (Ithaca, NY: Cornell University Press).
- Vázquez RJ, Berone GD (2022) Evolución de la biomasa forrajera de alfalfa producida según la estrategia de defoliación durante el otoño. *Revista Argentina de Producción Animal* **42** Supl. 1, 153.